

非接触温度測定装置及び方法

発明の背景

技術分野

5 本発明は、非接触温度測定に関し、特に、測定対象物の温度及び／又は温度分布を非接触で簡易且つ効率的に計測できる非接触温度測定装置および方法に関する。

関連技術

10 従来より種々の分野において、測定対象物の表面温度を精密に測定したいという要求がある。半導体ウェハに種々の処理をくわえる半導体製造装置では、装置性能を維持して製造歩留りを高める上で半導体ウェハの温度を正確に管理することが重要である。

15 半導体ウェハの温度測定に関し、特開 2 0 0 0 - 2 4 1 2 5 7 号公報、特開平 6 - 3 4 1 9 0 5 号公報及び特開平 1 1 - 2 4 8 5 3 9 号公報に開示されているように、非接触式の装置や非接触式のものが知られている。

20 すなわち、接触式の温度測定装置は、半導体ウェハ上に導電ライン及びコネクタと共に配設された複数個の熱電対を備えている。熱電対は導電ライン及びコネクタを介して延長ケーブルに接続されている。ウェハの温度測定時、熱電対の出力は、導電ライン、コネクタ及び延長ケーブルを介して外部計測器に供給される。

25 この様に、接触式の温度測定装置は、熱電対に応じた数の信号線を必要とし、大掛かりな構成となる。しかも、測定精度を向上するには信号線への外来ノイズの混入を防止する対策が必要になる。また、回転する半導体ウェハが温度測定対象である場合、信号ケーブルが半導体ウェハの回転の邪魔になり、その様な測定を行うことは不可能である。

これに対して、非接触式の温度測定装置は、温度に依存する半導体ウェハの熱放射率や光透過率に基づいてウェハの表面温度を非接触で測定するセンサを備えており、信号ケーブルに起因する問題はない。しかし、この種の装置では、半導体ウェハの個体差を如何にして除去するのかが問題となる。更には、測定対象物

を測定精度に影響を及ぼす熱源や外乱光から保護するための工夫が必要となる。

信号ケーブルを省略するには、熱電対の出力をトランスミッタを用いて無線送信することも考えられる。しかし、その様な構成では、半導体ウェハ上に如何にしてトランスミッタや駆動源としてのバッテリーを装着するかに問題がある。また、バッテリーの使用には発熱や短寿命化の問題がある。

発明の概要

本発明の目的は、半導体ウェハ等の測定対象物の温度及び／又は温度分布を簡易な構成により非接触で簡易に且つ高精度に計測可能な非接触温度測定装置および方法を提供することにある。

本発明の一つの態様によれば、測定対象物に装着されると共に各々の表面に電子回路が集積形成され且つコイルが実装された複数の球状半導体と、これらの球状半導体と非接触に設けられて上記電子回路が作動するに必要な電力を前記複数の球状半導体に給電すると共に前記電子回路から送信される温度情報を収集するデータ収集器とを備える非接触温度測定装置が提供される。

各球状半導体の電子回路には、その球状半導体に固有の識別情報を記憶するメモリと、前記コイルを介して外部から給電される電磁エネルギーから該電子回路の作動に必要な内部電源を生成する電源部と、測定対象物の温度に感応する感温素子部を含むセンシング回路と、前記データ収集器により前記メモリに記憶された識別情報が指定されたとき、上記センシング回路の出力を前記温度情報として前記コイルを介して送信する送信部とが設けられる。

前記データ収集器には、電磁エネルギーを給電するエネルギー源と、前記球状半導体の任意の一つを指定する識別情報を送信する送信部と、前記指定された球状半導体から送信される温度情報を検出する受信部とが設けられる。

上述のように、本発明の非接触温度測定装置は、測定対象物に装着された複数の球状半導体を備え、各球状半導体はデータ収集器から給電される電磁エネルギーで作動する電子回路を有し、測定対象物の温度を表す温度情報をデータ収集器に送信するように構成される。従って、測定対象物から信号線を引き回すことなく、測定対象物の温度を非接触で測定することができる。しかも、球状半導体の

感温素子部を測定対象物に接触して配置し或いは埋設することができるので、外乱やノイズ等の影響を受けずに高精度な温度検出を行うことが可能となる。

本発明によれば、複数の球状半導体を一斉に作動させ、また球状半導体から温度情報を順次収集できるので、簡易にして効率的に温度計測を行え、また、測定対象物の温度分布を求めることもできる。

本発明において、好ましくは、各前記球状半導体に実装された前記コイルおよび前記感温素子部は互いに直径方向反対側に配置される。

好ましくは、前記測定対象物は半導体ウェハからなる。そして前記感温素子部を上記半導体ウェハの表層に埋め込まれる。この場合、感温素子部は半導体ウェハの表層に直接接触する一方、球状半導体に実装されたコイルは、半導体ウェハの表層から離れて位置付けられる。

好ましくは、各前記球状半導体の前記メモリは、前記内部電源の消滅時にも前記識別情報を保持する不揮発性メモリである。

上記の各実施態様は、非接触温度測定装置の測定精度および動作信頼性を向上できるという効果を奏する。

本発明の別の態様によれば、上記非接触温度測定装置を用いる非接触温度測定方法が提供される。この方法は、（a）前記装置の複数の球状半導体を測定対象物上に略均一に分散して配置する工程と、（b）前記装置のデータ収集器により前記球状半導体に一括して電磁エネルギーを供給して、前記測定対象物の各部の温度を前記球状半導体により検出可能にする工程と、（c）前記球状半導体から送信され検出温度を表す温度情報を前記データ収集器により非接触に収集する工程と、（d）前記データ収集器により前記温度情報から前記測定対象物の温度または温度分布を求める工程を備える。

上記方法及び下記の好適態様によれば、測定対象物の温度及び／又は温度分布を非接触で簡易に且つ高精度に計測可能である。

本発明において、好ましくは、前記工程（a）では、前記複数の球状半導体の一つを前記測定対象物としての半導体ウェハの表面の中心に配置し、その他の球状半導体を前記半導体ウェハの表面の中心を中心とする少なくとも一つの仮想円の円周上に等角度間隔で配置し、前記工程（b）では前記半導体ウェハの各部の

表面温度を検出する。

好ましくは、前記工程（c）では、前記球状半導体から前記温度情報と共に送信される前記球状半導体に固有の識別情報を順次収集し、前記工程（d）では前記温度情報及び前記識別情報から前記測定対象物の温度分布を求める。

5 好ましくは、前記工程（c）では、各前記球状半導体から送信すべき温度情報を、前記球状半導体を実装された前記測定対象物を所定の温度環境においたときに各前記球状半導体のセンシング回路の出力から求めた各球状半導体に係る温度補正情報に応じて補正する。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施形態に係る非接触温度測定装置の概略を示すブロック図、

図 2 は、図 1 に示す装置の感温素子部及びセンシング回路の構成例を示すブロック図、

15 図 3 は、半導体ウェハ表面に装着された球状半導体を、この球状半導体に形成された感温素子部とコイルの位置関係と共に示す一部断面概略正面図、

図 4 は、複数の球状半導体の半導体ウェハへの配置例を示す平面図、および

図 5 は、非接触温度測定装置の半導体製造装置への組み込み例を示す一部断面正面図である。

詳細な説明

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態に係る非接触温度検出装置とこれを用いた非接触温度検出方法について説明する。

25 図 1 に示すように、この実施形態に係る非接触温度検出装置は、温度測定対象物たとえば半導体ウェハ 1 上にそれぞれ実装された球状半導体（図 1 にその一つを参照符号 10 で示す）と、これらの球状半導体 10 に電磁エネルギーを非接触で供給すると共に球状半導体 10 から送信される温度情報を非接触で収集するデータ収集器 20 とを備えている。

データ収集器 20 は、電磁エネルギーを発生するエネルギー源 21 と、球状半導体

10が配置された空間に電磁エネルギーを放射するアンテナ22とを備えている。電磁エネルギーは、例えば数百kHz乃至数十MHzの周波数を有し、上記空間に誘導電磁界を誘起する。そして、この誘導電磁界によって球状半導体10が備えるコイル11に交番電力が誘起し、これにより球状半導体10に電磁エネルギーが供給される。

また、データ収集器20は、処理コマンドやID番号などの送信データを送信する送信部23と、球状半導体10から送信される温度情報を検出する受信部24と、球状半導体10の任意の一つを指定すると共に送信部23および受信部24の作動を制御するデータ収集管理部25とを備える。

送信データの送信にあたり、送信部23は、エネルギー源21が発生した電磁エネルギーを送信すべきデータに応じて変調して送信データを電磁エネルギーに重畳する。送信データをのせた電磁エネルギーはアンテナ22から送信される。ちなみに電磁エネルギーの変調には、例えばASK (Amplitude Shift Keying) 変調方式やFSK (Frequency Shift Keying) 変調方式が用いられる。

受信部24は、球状半導体10が形成した誘導電磁界の微小な変化を温度情報として検出する。温度情報は、誘導電磁界に後述のごとく重畳される。本実施形態では、温度情報は、球状半導体10の感温素子部13によって測定された半導体ウェハ（一般には測定対象物）の温度を表す。受信部24が検出した温度情報はデータ収集管理部25に送られる。データ収集管理部25では、温度情報とID番号とに基づいて半導体ウェハの温度分布を求める。ID番号は球状半導体10をそれぞれ指定する識別情報として機能する。

球状半導体10は、直径1mm程度の球状（ボール状）の半導体素子を主体とし、その表面には電子回路およびコイル11が形成されている。この電子回路は、一般にC-MOS等の製造に用いられるICプロセスにより半導体素子上に集積形成される。コイル11は、数ターンの導体により構成可能であり、電子回路を形成した半導体素子の表面を覆う酸化膜等の絶縁体の上に蒸着やフォトリソグラフィ等により形成される。

詳しくは、電子回路は、データ収集器20から給電されてコイル11を介して受電される電磁エネルギー（交番電力）から該電子回路の作動に必要な内部電源V

ccを生成する電源部12と、半導体ウェハ1の表面温度に応じた出力を発生する感温素子部13と、この感温素子部13の出力から温度情報を検出するセンシング回路14と、温度情報をコイル11を介して送信する送信部15とからなる。

更に、電子回路は、球状半導体10に固有な識別情報（ID番号）が登録される不揮発性のメモリ16と、前述した電磁エネルギーの変調成分を復調してデータ収集器20から送信されてくる命令コマンド等の送信データを検出する復調器17とを備える。センシング回路14によって検出される温度情報はメモリ16に記憶可能であるが、温度情報等を記憶する為のメモリを設けるようにしても良い。

図1に例示するように、電源部12は、コイル11を介して受電された電磁エネルギー（交番電力）を全波整流するダイオードブリッジDBと、このダイオードブリッジDBの出力電圧を規定または制限するリミッタLMと、ダイオードブリッジDBの出力電圧を受けて、安定化された内部電圧Vccを生成するレギュレータREGとからなる。尚、リミッタLMは、ツェナーダイオードやシャントレギュレータなどで構成可能である。交番電力を全波整流するダイオードブリッジDBに代えて、半波整流回路を用いても良い。

感温素子部13およびセンシング回路14は図2に例示するように構成される。即ち、感温素子部13は、感温素子としての、抵抗R及びコンデンサCと直列接続されたインバータINV1、INV2、INV3とを含むリングオシレータを備えている。このリングオシレータは、インバータINV3の出力を抵抗Rを介してインバータINV1に負帰還すると共にインバータINV2の出力をコンデンサCを介してインバータ1に正帰還するように構成されている。そして、抵抗Rの抵抗値およびコンデンサCの容量値は温度に応じて変化して帰還量を変化させ、これによってリングオシレータはその発振周波数（発振周期）が変化して感温回路として機能するものとなっている。

感温素子部13の出力から温度情報を検出するセンシング回路14は、コイル11を介して受電される交番電力から抽出した周波数成分から所定周波数の基準クロック信号を生成するクロック発生器CGと、基準クロックを計数して所定周期を求め、所定周期が経過する毎にラッチ信号を出力する第1のカウンタCTR

1 と、感温素子部（リングオシレータ）13 の出力を計数する第2のカウンタCTR2と、第1のカウンタCTR1からのラッチ信号を受けたときに第2のカウンタCTR2による計数値をラッチするラッチ回路LTとからなる。そして、センシング回路14は、ラッチ回路LTにラッチした計数値を、感温素子部13にて検出される半導体ウェハ1の表面温度を示す温度情報として出力する。

尚、リングオシレータ13の出力信号の発振周波数に比較して基準クロックの周波数が十分に高い場合、第2のカウンタCTR2によるリングオシレータ13の出力の計数回数を多くしても良い。実施例の場合と同様、第2のカウンタCTR2の係数値すなわち温度情報がラッチ回路LTにラッチされ、ラッチ回路LTから出力される。

ちなみにクロック発生器CGは、コイル11を介して受電される交番電力をダイオードDを介して半波整流してその周波数成分を検出し、その半波整流出力を波形整形して所定周波数の基準クロックを生成する。クロック発生器CGに代えて水晶発振器を用いることも可能であるが、その構成が複雑化する等の不具合がある。

送信部15は、例えばコイル11に並列に接続される電界効果トランジスタ（FET）を備え、センシング回路14の出力に応じてFETの抵抗値を変化させることでコイル11のQ値（インピーダンス）を変化させ、これにより電磁エネルギー（誘導電磁界）が変調され、センシング回路14の出力が電磁エネルギーによって送信される。具体的には送信部15は、上記計数値（温度情報）をマンチエスター符号化やバイフェーズ符号化等の手法を用いて符号化し、更にCRC（Cyclic Redundancy Check）コード等を付加する。これにより、コイル11を介して送信すべき送信データが生成される。不揮発性メモリ16から識別情報すなわちID番号を読み出して温度情報と共に送信するように送信部15を構成可能である。

上述した如き電子回路とコイル11とを備えて構成される球状半導体10は、測定対象物としての半導体ウェハ1上に装着され、半導体ウェハ1の温度検出に用いられる。特に、この球状半導体10においては、図3に示すように感温素子部13とコイル11は互いに直径方向反対側に設けられている。即ち、球状半導

体10の主体である球状の半導体素子においてコイル11および感温素子部13は互いに異なる半球面に位置づけられている。

そして、半導体ウェハ1上への装着にあたり、例えば図1および図3に示すように、球状半導体10を、半導体ウェハ1の温度測定部位に予め形成された窪み2の中に感温素子部13が嵌め込まれ或いは埋め込まれるように方向付ける。エポキシ系の接着剤を用いて球状半導体10を半導体ウェハ1に接着する。或いは、図3に破線で示すように接着剤4にて球状半導体10の全体を覆って、球状半導体10を半導体ウェハ1に固定しても良い。

このように球状半導体10の感温素子部13を半導体ウェハ1の表層に埋設した構成によれば、半導体ウェハ1の温度を正確に表す。この構成には、感温素子部13が半導体ウェハ1の表面に流れる気流の影響を受け難くなるという利点もある。

これに対して球状半導体10のコイル11は、半導体ウェハ1の表面から突出してデータ収集器20のアンテナ22に向いて配置される。従って、コイル11がデータ収集器20が形成する誘導電磁場に強く結合され、また、半導体ウェハ1によって電磁エネルギーが遮られることない。この結果、コイル11にて電磁エネルギーを確実に受け止めることが可能となり、球状半導体10を高信頼度で動作させることができる。

本実施例では、複数個の球状半導体10を用いて半導体ウェハ1における複数の部位の温度をそれぞれ計測するようにしている。これは、半導体ウェハ1は、直径が通常4インチや8インチであって直径1mm程度の球状半導体10に対して広い面積を有するからである。1個の球状半導体10だけを用いた場合には半導体ウェハ1の温度をピンポイントにしか検出することができない。大面積の測定対象物の温度や温度分布を計測する場合も同様である。

好ましくは、図4に示すように、一つの球状半導体10を半導体ウェハ1の中心位置に配置し、ウェハ中心を中心とする仮想円周上に残りの球状半導体10を等角度間隔で配置する。この様に、複数の球状半導体10を半導体ウェハ1上に略均一に分散して配置することが望ましい。尚、燃料電池における酸素極や水素極等の矩形状の測定対象物の温度分布を計測するような場合には、複数の球状半

導体 10 を測定対象物に升目状に配列すれば良い。

半導体製造装置で加熱される半導体ウェハの温度計測では、複数の球状半導体 10 を装着した上記半導体ウェハに対応する温度測定用半導体ウェハ 1 を準備する。そして、半導体ウェハ 1 を図 5 に示すように半導体製造装置のチャンバ 4 1 内に配置する。図 5 において、符号 4 2 は半導体ウェハ 1 が載置される回転テーブル（試料台）であり、4 3 は回転テーブル 4 2 に加熱源として埋設されたヒータを示す。

球状半導体 10 に電磁エネルギーを供給するデータ収集器 2 0 については、図 5 に示すようにそのアンテナ 2 2 を回転テーブル 4 2 の上方に設け、半導体ウェハ 1 の上面に対峙させるようにする。アンテナ 2 2 については、半導体ウェハ 1 に装着された複数の球状半導体 10 に対して一括して電磁エネルギーを供給するべく、換言すれば複数の球状半導体 10 が分散して配置されている領域の全てに誘導電磁界を形成するべく、半導体ウェハ 1 の径よりも大なる実効径を有するように構成される。

そして、球状半導体 10 に対してデータ収集器 2 0 から電磁エネルギーを供給して球状半導体 10 を作動させ、温度計測を開始する。

複数の球状半導体 10 を装着した半導体ウェハ 1 を半導体製造装置のチャンバ 4 1 内に配置して半導体ウェハ 1 の温度を計測すれば、ヒータ 4 3 により加熱される半導体ウェハ 1 の温度変化やその温度分布を簡易に計測することができる。従って、実際に半導体製造装置を使用して集積回路等の半導体装置を製造する場合の製造条件を高精度にしかも簡易に求めることができる。また、半導体ウェハ 1 における各部位の温度を同時に計測し、これらの温度情報をデータ収集器 2 0 に収集して分析することができる。この分析情報を利用して半導体製造装置の運転条件を適切に制御可能になる。

ところで半導体ウェハ 1 上に装着した複数の球状半導体 10 を用いた温度測定の場合、個々の球状半導体 10 における感温素子部 1 3 やセンシング回路 1 4 の出力を補正することが望ましい。前述したように感温素子部 1 3 をリングオシレータで構築した場合、その製造条件や個体差に起因して感温特性にばらつきが発生することがあるからである。また、球状半導体 10 の装着部位やその装着方法

によって出力特性（計測特性）にずれが生じる可能性がある。このような問題は上述したリングオシレータに限らず、一般のＩＣプロセスで構成された温度センサや、その他の感温素子においても同様に発生する。

上記問題を解消するため、例えば、下記のように感温素子部１３の出力を補正する。

まず、球状半導体１０を装着した半導体ウェハ１を例えば２５℃の恒温槽（図示略）などの所定の温度環境下におく。そして、恒温槽内で半導体ウェハ１の温度が安定した後にデータ収集器２０から電磁エネルギーを供給して各球状半導体１０をそれぞれ作動させる。各球状半導体１０では感温素子部１３の出力を温度補正情報としてメモリ１６に記憶する。

なお、恒温槽に設けた高精度の温度センサ（図示略）にて計測される恒温槽温度情報をデータ収集器２０を介して各球状半導体１０に送信してメモリ１６に書き込むようにしても良い。

次に、半導体製造装置などで実際に温度測定が行われる。この温度測定では各球状半導体１０の感温素子部１３により温度が測定され、所定温度環境下で求められた温度補正情報がメモリ１６から読み出される。そして、センシング回路１４では測定温度に対応する温度情報が温度補正情報で補正される。正しい温度値を表す補正後の温度情報は、送信部１５からデータ収集器２０に送信される。或いは、温度情報および温度補正情報の双方を球状半導体１０からデータ収集器２０に送信し、データ収集器２０のデータ収集管理部２５で温度補正情報を用いて温度情報を補正しても良い。

このように、球状半導体１０を装着済みの測定対象物（半導体ウェハ１）を所定温度環境下に配置して個々の球状半導体１０について求めた温度補正情報を用いて各球状半導体１０で検出した温度情報が補正される。これにより、各球状半導体１０の計測特性のバラツキを抑え、しかも測定対象物への装着位置が異なることに起因する出力特性のバラツキを抑えることができる。従って、温度計測精度の向上を図ることが可能となる。

なお、球状半導体１０のメモリ１６に、複数の異なる温度の温度環境下でそれぞれ得た感温素子部１３の出力値を複数の温度補正情報として書き込むようにし

ても良い。多数の温度補正情報を用いることにより、感温素子部出力（温度情報）と温度との関係をより正確に把握し、これにより温度情報を精度良く補正して高精度な温度計測を行える。

複数の球状半導体 10 に対して一斉に電磁エネルギーを供給した場合、これらの球状半導体により温度計測を同時に実行可能になる。この場合、個々の球状半導体 10 に固有な ID 番号を利用し、球状半導体 10 にて得た温度情報を次のようにしてデータ収集器 20 により順次収集することが望ましい。先ず、球状半導体 10 のうちの選択した一つを指定する ID 番号を電磁エネルギーにのせてデータ収集器 20 から送信する。各球状半導体 10 は、データ収集器 20 から送信された ID 番号を受信し、受信した ID 番号とメモリ 16 に登録されている ID 番号とを照合し、ID 番号が一致している場合にのみ計測温度情報を送信する。

このように ID 番号を送信して球状半導体 10 の任意の一つを指定することにより、データ収集器 20 は指定した球状半導体 10 からのみ計測温度データ（温度情報）を収集できるので、2 つ以上の球状半導体 10 が一度に計測温度データを送信して混信が生じる等の不具合を未然に防ぐことができる。また、データ収集器 20 では、ID 番号に従ってどの球状半導体 10 から取得した温度計測データであるかを識別することが可能となる。更に、半導体ウェハ 1 への複数の球状半導体 10 の配置位置とこれらの球状半導体 10 に付与した ID 番号との対応関係を予め求めておくことで、この対応関係と球状半導体 10 からの温度計測データとに基づき半導体ウェハ 1 の温度分布を精度良く求めることができる。

尚、各球状半導体 10 のメモリ 16 への ID 番号の書き込みは、各球状半導体 10 または球状半導体を実装した半導体ウェハの製造時やその出荷時に行えば良い。また、ID 番号の管理については、半導体ウェハ 1 への球状半導体 10 の配設位置と球状半導体 10 に付与した ID 番号とを対応付けてデータ収集管理部 25 における管理テーブル（図示せず）に登録するようにすれば良い。各球状半導体 10 の ID 番号と半導体ウェハ 1 における装着位置とを格納した管理テーブルを用いて、データ収集器 20 は、単に ID 番号を送信することにより、温度データを収集すべき所望の球状半導体 10 を指定することができる。これにより、データ収集器 20 が温度データを収集する度に ID 番号を球状半導体 10 から送信

する必要がなくなる。

本発明は上述した実施形態に限定されるものでなく、種々に変形可能である。

温度計測の精度を高めるには、電磁エネルギーの周波数を高くすることでセンシング回路14で用いられる基準クロックの周波数を高くしたり、カウンタCTR
5 1での基準クロック計数時間の長さを長くし、また温度変化に対する発振周波数の変化幅が大きくなるようにリングオシレータ13を構成すれば良い。

また、実施形態の球状半導体はコイル11のQ値（インピーダンス）を温度情報に従って変化させて球状半導体10から温度情報を送信するようになっているが、温度情報をのせた電波を発するように球状半導体を構成可能である。

10 データ収集器20は、電磁エネルギーの送信用のアンテナ22に加えて、球状半導体10からの温度情報を受信するアンテナを備えても良い。このようなデータ収集器20は、受信アンテナを介して計測温度データを受信している最中にも送信用のアンテナ22から電磁エネルギーを送信することができ、これにより球状半導体10は内部電源Vccを安定に生成可能となり、安定したデータ送信を行える。
15

更には半導体ウェハ1上に装着する球状半導体10の数を増やすことで、より正確な温度分布を把握できる。

また半導体ウェハ1がシリコンである場合には、球状半導体10をシリコンで構成することにより、球状半導体10の装着に伴う半導体ウェハ1の汚染を効果
20 的に回避することができる。

その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形できる。

測定対象物に装着されると共に各々の表面に電子回路が集積形成され且つコイルが実装された複数の球状半導体：および

ここで、各球状半導体の前記電子回路には、その球状半導体に固有の識別情報を記憶するメモリと、前記コイルを介して外部から給電される電磁エネルギーから該電子回路の作動に必要な内部電源を生成する電源部と、測定対象物の温度に感応する感温素子部を含むセンシング回路と、前記データ収集器により前記メモリに記憶された識別情報が指定されたとき上記センシング回路の出力を前記温度情報として前記コイルを介して送信する送信部とが設けられ、

２．クレーム１の非接触温度測定装置であって、各前記球状半導体に実装された前記コイルおよび前記感温素子部は互いに直径方向反対側に配置される。

前記感温素子部は上記半導体ウェハの表層に埋め込まれる。

25 5. 下記の工程を備える非接触温度測定方法：

(b) 前記装置のデータ収集器により前記球状半導体に一括して電磁エネルギーを供給して、前記測定対象物の各部の温度を前記球状半導体により検出可能にする

る工程；

（c）前記球状半導体から送信され検出温度を表す温度情報を前記データ収集器により非接触に収集する工程；および

（d）前記データ収集器により前記温度情報から前記測定対象物の温度または温度分布を求める工程。

6. クレーム5の非接触温度測定方法であって、前記工程（a）では、前記複数の球状半導体の一つを前記測定対象物としての半導体ウェハの表面の中心に配置し、その他の球状半導体を前記半導体ウェハの表面の中心を中心とする少なくとも一つの仮想円の円周上に等角度間隔で配置し、

前記工程（b）では前記半導体ウェハの各部の表面温度を検出する。

7. クレーム5の非接触温度測定方法であって、前記工程（c）では、前記球状半導体から前記温度情報と共に送信される前記球状半導体に固有の識別情報を順次収集し、

前記工程（d）では前記温度情報及び前記識別情報から前記測定対象物の温度分布を求める。

8. クレーム5の非接触温度測定方法であって、前記工程（c）では、各前記球状半導体から送信すべき温度情報を、前記球状半導体が実装された前記測定対象物を所定の温度環境においたときに各前記球状半導体のセンシング回路の出力から求めた各球状半導体に係る温度補正情報に応じて補正する。

開示の摘要

非接触温度測定装置は、測定対象物に装着される複数の球状半導体と測定対象物から離れて配置されたデータ収集器とを有する。各球状半導体の電子回路は、データ収集器から給電された電磁エネルギーから内部電源を生成して動作可能となり、温度情報を得る。データ収集器は、このデータ収集器から順次送信される識別情報により特定される球状半導体から送信される温度情報に基づいて測定対象物の温度や温度分布を非接触で求める。